

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-265679

(43)Date of publication of application : 28.09.1999

(51)Int.Cl.

H01J 37/305

G01B 21/30

H01J 37/28

(21)Application number : 10-068513

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 18.03.1998

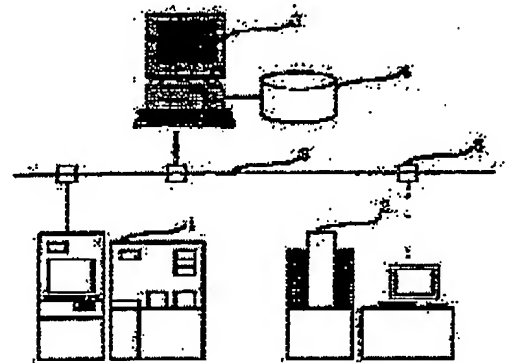
(72)Inventor : ONISHI TAKESHI
KOIKE HIDEKI

(54) PROCESS CONTROL SYSTEM AND FOCUED ION BEAM DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize the stable operation of a semiconductor process by precisely measuring the film thickness of a wafer internal device in a short time and quickly performing the feedback to the process.

SOLUTION: This system is formed of an FIB device 1 capable of sampling an analyzing part from a semiconductor wafer without breaking the wafer, a STEM 2, a small-sized sample table commonly mountable on a wafer holder for FIB and a sample holder for STEM, a computer 3 having a data base software, and a network 5 for mutually connecting the FIB, the STEM, and the computer, so that the film thickness in a wafer can be precisely, quickly and surely measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

Searching KAJ

<http://www19.ipm.nicpl.go.jp/PA1/result/041210/m210/WAAAJ/sac>

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3383574

[Date of registration]

20.12.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(18) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3383574号

(P3383574)

(45) 発行日 平成15年3月4日 (2003. 3. 4)

(24) 登録日 平成14年12月20日 (2002. 12. 20)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

H 0 1 J 37/305
37/28H 0 1 J 37/305
37/28A
C

請求項の数 8 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-88513

(22) 出願日 平成10年3月18日 (1998. 3. 18)

(65) 公開番号 特開平11-265879

(43) 公開日 平成11年9月28日 (1999. 9. 28)

審査請求日 平成13年1月25日 (2001. 1. 25)

(73) 特許権者 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 大西 聡

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地

株式会社 日立製作所 計測器事業部内

(72) 発明者 小池 英巳

茨城県ひたちなか市大字市毛882番地

株式会社 日立製作所 計測器事業部内

(74) 代理人 100091066

弁護士 平木 祐祐

審査官 向後 晋一

(56) 参考文献 特開 平6-103947 (J P, A)

特開 平3-291842 (J P, A)

特開 平5-52721 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロセス管理システム及び集束イオンビーム装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウエハと試料を固定する試料台とを保持して移動できる試料ステージ、ウエハの所望場所に集束イオンビームを照射するFIBカラム、探針先端部がビーム照射点近傍で移動可能なマニピュレータ、及びビーム照射部近傍にデポジションガスを供給するガス供給源を備え、ウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部を集束イオンビーム加工によって試料として取り出して前記試料台に固定する機能を有する集束イオンビーム装置と、

試料を固定した前記試料台を保持して移動できる試料ステージ、試料に集束した電子ビームを走査して照射する電子光学系、及び試料を透過した電子を検出する検出器を備え、前記試料台に固定された試料の所望場所に集束した電子ビームを走査し、その透過電子強度に基づいて

得られる走査顕微鏡像から試料の特徴箇所の長さを測定する機能を有する走査型透過電子顕微鏡と、前記ウエハの試料取り出し位置と該位置から取り出された試料を分析したデータとを対応付けて管理できるデータベースを備えるコンピュータと、前記集束イオンビーム装置、走査型透過電子顕微鏡及びコンピュータ相互を接続するネットワークとを含むことを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項2】 請求項1記載のプロセス管理システムにおいて、前記試料台には識別記号が設けられ、前記識別記号を媒介として前記データベース内でウエハ内の試料取り出し位置と前記走査型透過電子顕微鏡による試料測定によって得られるデータとの対応付けが行われることを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項3】 請求項1記載のプロセス管理システムに

(2)

特許第3383574

において、前記走査型透過電子顕微鏡は、測定した前記特徴箇所の高さと予め登録した規定値とのズレに関する統計的な情報を出力する機能を有することを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項4】 請求項1記載のプロセス管理システムにおいて、前記走査型透過電子顕微鏡からネットワークを介して前記データベースに登録されるデータに走査型透過電子顕微鏡画像が含まれることを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項5】 請求項1記載のプロセス管理システムにおいて、前記走査型透過電子顕微鏡はX線分析装置を搭載し、電子ビーム照射によって発生する特性X線から試料の組成情報を得、前記ネットワークを経由して前記データベースに試料の組成情報データを登録する機能を有することを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項6】 請求項1記載のプロセス管理システムにおいて、前記集束イオンビーム装置で取り出された部分が含まれるウエハ上のチップに対し、破壊チップによって不要な処理を省略するように後工程の制御装置に指令することを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項7】 請求項1記載のプロセス管理システムにおいて、ウエハ上の異物を検出する異物検査装置を前記ネットワークに接続し、前記異物検査装置から供給される異物のアドレス情報を利用して前記集束イオンビーム装置によってウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部の取り出しを行い、前記走査型透過電子顕微鏡によって得られた情報を前記データベースに登録することを特徴とするプロセス管理システム。

【請求項8】 走査型透過電子顕微鏡の試料ホルダに装着可能な試料台とウエハとを保持して移動できる試料ステージと、ウエハの所望場所に集束イオンビームを照射するFIBカラムと、探針先端部がビーム照射点近傍で移動可能なマニピュレータと、ビーム照射部近傍にデポジションガスを供給するガス供給源とを備え、ウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部を集束イオンビーム加工によって取り出して前記試料台に固定する機能を有することを特徴とする集束イオンビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体ウエハのプロセス上の管理点もしくは不良箇所の解析データを統合的に管理する半導体プロセス管理システム及びそのシステム中で用いられる集束イオンビーム装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体素子の高機能化と低価格化を実現するため、ウエハの面積化とデバイス構造の微細化が成されてきた。ウエハの面積化に関しては、現在主流の8インチウエハに代わって、12インチウエハが検討段階に入っている。これに伴い、ウエハ一枚当た

りのチップ数も大幅に増大し、ウエハ一枚の価格も非常に高価となっている。また、デバイス構造の微細化により、デバイスの寸法を正確に制御する必要が出てきた。このため、プロセスの途中にパターン幅を測定する測長用の走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: 以下、SEMと略す) を導入し、パターン幅が許容値内にあるかどうかをモニタし、その情報を他の装置にフィードバックすることでプロセスの安定稼働を実現している。しかし、測長SEMによる測定はウエハ表面に平行な方向の長さに限られている。デバイスの微細化は横方向の微細化だけでなく縦方向の微細化、つまり、デバイス内の膜 (層) の厚さも微細となっており、これを安定に管理する手法が求められている。例えばダイナミック・ランダム・アクセス・メモリー (DRAM) の層間絶縁膜の厚さは数nmという薄さになっており、それを観察する装置も非常に高い分解能を有するものが必要とされている。

【0003】 なお、半導体ウエハ上のデバイスパターンの寸法を計測する従来技術として、例えば特開平3-291842号公報「試料像表示装置」がある。また、集束イオンビーム (Focused Ion Beam: 以下、FIBと略す) を利用して半導体ウエハの所望部分をウエハを割ることなく抽出し、それを他の場所に移植する技術として特開平5-52721号公報「試料の分離方法及びこの分離方法で得た分離試料の分析方法」がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 試料を高い分解能で観察するには、走査型透過電子顕微鏡 (Scanning Transmission Electron Microscope: 以下、STEMと略す) や超高分解能走査型電子顕微鏡が用いられる。いずれもレンズ内に試料を挿入する必要があるため、試料を小片にカットし、装置に挿入する必要がある。このため、半導体製造ラインから離れた、例えば分析センター等に装置が置かれ、得られたデータも、編集されたものがドキュメント化され、データベースへ登録される。試料作成や測定に時間がかかるため、デバイス膜厚の変動情報をプロセスにフィードバックしようと思っても、既に複数のウエハがプロセスを流れており、タイムリーなプロセス管理ができない欠点があった。

【0005】 本発明は、ウエハ内デバイスの膜厚を精度良く、短時間で測定し、プロセスへのフィードバックを素早く行うことにより、半導体プロセスの安定稼働を実現するシステムを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明においては、ウエハから試料を分離抽出することのできるFIB装置、STEM、FIB装置のウエハホルダとSTEMの試料ホルダの両方に装着できる試料台、データベースを有するコンピュータ、及びFIB/STEM/コンピュータを相互に接続するネットワークを組み合わせてシステム化

(3)

特許第3388574

することにより、前記目的を達成する。

【0007】本発明で用いるFIB装置は、半導体ウエハなどのウエハを保持し少なくともXY方向及びZ方向にウエハを移動できる試料ステージ、ウエハの所望場所にFIBを照射するFIBカラム、探針先端部がビーム照射点近傍で移動可能なマニピュレータ、ビーム照射部近傍にデポジションガスを供給するガス供給源、及びそれらを制御する制御系から成り、ウエハの予め登録した位置のデバイスをウエハを割らずにサンプリングし、小型の試料台に移植することができる。移植後、各分析点をFIBにより薄層加工する。

【0008】小型の試料台をFIB装置のウエハホルダとSTEM装置の試料ホルダの両方に装着できるようにしておけば、分離試料を素早くSTEMに導入することができる。試料台に移植される試料はウエハホルダ上のアドレス及び試料台上のアドレスで識別ができるため、ウエハから分離された後も、元々ウエハのどの部分にあった試料かということを明確に対応づけすることができる。

【0009】試料台を試料ホルダに装着し、STEMに導入して観察することにより、ウエハ内からサンプリングした試料の高分解能顕微鏡像が得られる。このSTEM像から注目するデバイスの特徴箇所の長さを測定することができる。STEMは高分解能という特徴に加え、ビームを走査することから、得られる画像をディジタル化しやすく倍率の管理が行い易いという特徴がある。得られたデータをネットワークを經由してデータベースに登録することにより、ウエハ上の分析点に関するデバイスの延長情報を統合的に管理することができる。

【0010】すなわち、本発明によるプロセス管理システムは、ウエハと試料を固定する試料台とを保持して移動できる試料ステージ、ウエハの所望場所に集束イオンビームを照射するFIBカラム、探針先端部がビーム照射点近傍で移動可能なマニピュレータ、及びビーム照射部近傍にデポジションガスを供給するガス供給源を備え、ウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部を集束イオンビーム加工によって試料として取り出して試料台に固定する機能を有する集束イオンビーム装置と、試料を固定した前記試料台を保持して移動できる試料ステージ、試料に集束した電子ビームを走査して照射する電子光学系、及び試料を透過した電子を検出する検出器を備え、試料台に固定された試料の所望場所に集束した電子ビームを走査し、その透過電子強度に基づいて得られる走査顕微鏡像から試料の特徴箇所の長さを測定する機能を有する走査型透過電子顕微鏡と、ウエハの試料取り出し位置とその位置から取り出された試料を分析したデータとを対応付けて管理できるデータベースを備えるコンピュータと、集束イオンビーム装置、走査型透過電子顕微鏡及びコンピュータ相互を接続するネットワークとを含むことを特徴とする。分析場所を分析した

データには、形状（画像）、寸法、組成等を含ませることができる。

【0011】試料台に試料位置などの識別記号を設けておくと、その識別記号を媒介としてデータベース内でウエハの試料取り出し位置と走査型透過電子顕微鏡による試料測定によって得られるデータとの対応付けを行うことができる。走査型透過電子顕微鏡は、測定した特徴箇所の長さや予め登録した規定値とのズレに関する統計的な情報を出力する機能を有することができる。また、走査型透過電子顕微鏡からネットワークを介してデータベースに登録されるデータに走査型透過電子顕微鏡画像を含ませることができる。走査型透過電子顕微鏡はX線分析装置を搭載し、電子ビーム照射によって発生する特性X線から試料の組成情報を得、ネットワークを經由してデータベースに試料の組成情報データを登録する機能を有することもできる。

【0012】集束イオンビーム装置で取り出された部分が含まれるウエハ上のチップに対し、破棄チップにとって不要な処理、例えば後に行われるチップのプローブテストやパッケージングを省略するように後工程の制御装置に指令するのが好ましい。また、ウエハ上の異物の位置と大きさなどを検出する異物検査装置をネットワークに接続し、異物検査装置から供給される異物のアドレス情報を利用して集束イオンビーム装置によってウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部を取り出しを行い、走査型透過電子顕微鏡によって得られた情報をデータベースに登録することもできる。

【0013】本発明による集束イオンビーム装置は、走査型透過電子顕微鏡の試料ホルダに装着可能な試料台とウエハとを保持して移動できる試料ステージと、ウエハの所望場所に集束イオンビームを照射するFIBカラムと、探針先端部がビーム照射点近傍で移動可能なマニピュレータと、ビーム照射部近傍にデポジションガスを供給するガス供給源とを備え、ウエハの所望の位置のデバイスあるいはデバイスの一部を集束イオンビーム加工によって取り出して試料台に固定する機能を有することを特徴とする。

【0014】本発明によると、ウエハ内の微細なデバイスの膜厚測定を短時間で高精度に行うことができ、それをプロセスにフィードバックすることにより、プロセスの安定稼働を実現することができる。なお、本発明のウエハ管理システムは、半導体ウエハの管理以外にも、多層膜構造を有する磁気ヘッドなどの製造に用いられる半導体基板以外の基板を用いるウエハの管理にも適用できる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の第1の実施の形態を示すシステム構成図である。FIB装置1、STEM装置2、データベース4を備えたコンピュータ3がトラ

(4)

特許第3383574

ンシーバ6及びイーサネット5を介して相互に接続されている。

【0016】FIB装置1のFIBカラム200と試料ステージ付近の構成を図5に示す。液体金属イオン源エミッタ100から引出し電極101により引き出されたイオンは、コンデンサーレンズ102と対物レンズ109によりウエハ（試料）21上に集束される。両レンズ間には、可変アパーチャ103、アライナ・スティグマ104、プランカ105、プランキングアパーチャ106、デフレクタ108が配されている。プランカ105動作時には、ビームはファラデーカップ107に入射する。ウエハ21はウエハホルダ20に保持された状態で試料ステージ110上に装着される。試料ステージ110はウエハホルダ20をX、Y、Z、XY平面内での回転、Z軸に対するチルト（傾斜）の5軸方向に動かすことができる。ステージ上部には試料から放出される二次電子を検出する検出器112、ノズル先端部からタングステンヘキサカルボニル ($W(CO)_6$) ガスをFIB照射点近傍に吹き付けるガス供給源113、マニピュレータ115に保持された探針114が実装されている。

【0017】図6は、本発明の実施の形態で用いたFIB装置の制御系の構成図である。高圧電源203はイオン源やレンズ電極に高電圧を印加する。絞り制御電源204は可変アパーチャ103を制御し、所望のアパーチャ径を選択できる。アライナ・スティグマ制御電源205は8極の電極電圧を制御し、電気的な軸合わせと非点補正を行う。ビーム電流計測アンプ206はプランキング時にファラデーカップ107に流入するビーム電流を計測する。プランキング制御電源207はプランキング電極を駆動し、ビームプランキングを行う。偏向アンプ208は8極2段の静電偏向器108を駆動する。偏向信号はスキャナ211から供給される。プリアンプ209は検出器112からの信号を輝度電圧信号に変換する。変換された輝度信号はデジタル値に変換され、画像メモリ212に書き込まれる。スキャンと同期をとることにより、試料の顕微鏡像がメモリ212上に形成される。ステージ制御電源210は排気制御電源218と連動してウエハホルダ20のロード/アンロード及びステージ移動を行う。

【0018】ガス制御電源214はガス供給源113の加熱とバルブの開閉を制御し、試料表面に供給される $W(CO)_6$ ガス量を制御する。マニピュレータ制御電源215は探針114の先端位置を制御する。各制御電源は制御バス202を介してFIB制御コンピュータ201から統一的に制御される。画像メモリ212の情報はコンピュータ201のCRTに表示でき、像観察と加工位置決め、加工中のモニターが行える。このFIB装置によりウエハ内の所望場所の試料ブロックをウエハを割らずに抽出できる。抽出手法の詳細は特開平5-52721号公報に記載されている。

【0019】図4は、図2に示したFIB装置のウエハホルダ20の上面図である。ウエハホルダ20にはウエハ21が保持できる。加えて、ウエハホルダ20のコーナー部に試料台10が実装できるようになっている。図示した例では実装場所は4箇所あり、それぞれの実装場所上部にa, b, c, dの識別記号が刻印されている。

【0020】図5は、試料台10の詳細形状の一例を示すものである。試料台10は板状をしており、その上部には溝12が形成されている。この溝12にウエハ21から抽出した試料ブロック14の下部を挿入し、タングステンデポジション膜15により機械的に固定する。試料ブロック14が試料台10に固定された状態でさらにFIB加工を行い、薄壁16が形成できる。溝12に沿って刻印13があり、この刻印13を目印に試料ブロック14を固定すると、試料の判別がしやすくなる。もちろん、ウエハホルダ上のステージアドレスでもサンプル固定位置の認識が可能である。

【0021】図6は、STEM2の試料ホルダ11に試料台10を取り付ける様子を示すものである。STEM2にはサイドエントリー型のステージが装着されており、そのステージに、試料ブロック14が固定された試料台10を横方向から挿入する形となる。このように、FIB装置1のウエハホルダ20とSTEM2の試料ホルダ11に共通に装着できる試料台10を用いることにより、FIB装置とSTEM間で短時間に試料の移動が可能となり、その途中で試料を落としたり破壊したりといった危険性が非常に少なくなる。また、FIB装置によって切り出された個々の試料ブロックのウエハ上での位置とSTEMによるその試料ブロックの計測結果の対応付けを正確かつ容易に行うことができる。したがって、ウエハ上の種々の分析点におけるSTEM計測結果をデータベース上で統合的に管理することが可能となるため、タイムリーなプロセス管理によって製品の歩留まりを上げることができる。

【0022】次に、本発明のプロセス管理システムによる半導体ウエハ内の膜厚計測手順について、ウエハから試料を分離する手順を説明する図7も参照して説明する。

(1) FIB装置のウエハホルダ20に測定対象であるウエハ21を装着する。また、ウエハホルダ20に試料台10を装着する。

(2) ウエハホルダ20をFIB装置1の試料ステージ110にロードする。

(3) ウエハ21内のサンプル点を登録する。登録はウエハマップを用い、チップアドレス及びチップ内アドレスを活用して行う。

(4) 登録した最初のサンプル点に試料ステージ110を移動する。

(5) FIB装置により、ウエハ21の加工エリアを含む領域をFIBでラスタ走査し、ウエハ表面から発生し

(5)

特許第3383574

た二次電子を検出することにより、ウエハ表面の走査イオン顕微鏡像を取得し、試料を分離して抽出する部分を決定する。

【0023】(6) ウエハ21の表面に対してFIB51が直角に照射されるようにウエハ21の姿勢を保ち、ウエハ21上でFIB51を矩形に走査させ、ウエハ表面に所要の深さの角穴53を形成する【図7(a)】。

(7) ウエハ21の表面に対してFIB51の軸が約70°傾斜するようにウエハ21を傾斜させ、底穴54を形成する【図7(b)】。

(8) ウエハ21の姿勢を変更し、ウエハ21の表面がFIB51に対して再び垂直になるようにウエハ21を設置し、切り欠き溝55を形成する【図7(c)】。

(9) マニピュレータ115を駆動し、探針114の先端をウエハ21の抽出する表面部分に接触させる【図7(d)】。

(10) ガス供給源113に接続したガスノズル56から探針114の接触部にタンゲステンヘキサカルボニルガス57を供給しながらFIB照射し、堆積膜58を形成する。接触状態にあるウエハ21の分離部分と探針114の先端部とは堆積膜58で接着される【図7(e)】。

【0024】(11) 分離試料59とウエハ21が接続している部分をFIB51で切り欠き加工し、ウエハ21から試料59を分離する。この状態で、分離された試料59は探針114の先端部に保持されている【図7(f)】。

(12) 探針114の先端部を上げ【図7(g)】、試料ステージ110の傾斜を元に戻し、試料ステージ110を移動して、FIBの視野を試料台に移動する。

(13) マニピュレータ115を駆動し、試料台10上の溝部12に分離試料59を挿入し、FIBアシストポジションにより試料59を固定後、FIB加工により探針114と試料59とを分離する。

(14) 上記工程を繰り返し、試料台10上に5つの試料を固定する。

(15) 登録されたサンプル点と試料台10上の実装位置とを対応付け、ネットワーク5を介してデータベース4に登録する。

【0025】(16) 各試料に更にFIB加工を施し、試料内の注目する膜の断面が出るように薄壁加工を行う。

(17) FIB装置1からウエハホルダ20をアンロードする。

(18) ウエハホルダ20から試料台10を取り出し、それをSTEM2の試料ホルダ11の先端部に装着する。

(19) 試料ホルダ11をSTEM2に挿入する。

(20) 試料断面のSTEM像を順次観察し、注目する膜の膜厚を測定する。

【0026】(21) 得られた測長データ及びSTEM像の画像データをネットワーク5を介してデータベース4に転送する。この際、試料台11上の試料位置から、試料がウエハ21内のどのサンプル点に対応したものであったかを関連付けるための情報も同時に転送する。本実施の形態の場合、試料台aのアドレス1というように、試料台にサブアドレスを定義してウエハ21内のサンプル点との対応付けを行った。このアドレスはウエハホルダ20及び試料台10上にも刻印してあり、確認が容易である。

(22) データベース4に送られた測長情報は、規定値との統計的なズレを判定し、そのプロセスが正常に運用されているかどうかを判定する。

【0027】膜厚のズレが大きいデータが検出された場合、関連するプロセスの条件を見直す等の対策をし、プロセスの安定稼働を実現する。本実施の形態では、得られた測長データの統計処理をデータベース側で行ったが、STEM自体にその機能を盛り込むことも可能である。前記FIB装置側での手順(13)～(17)及びSTEM側での手順(18)～(21)の中で、測定試料をウエハ21内のサンプル点の対応付けする方法の一例について詳細に説明する。

【0028】いま、図4に示したように、ウエハホルダ20の試料台実装場所には、列の識別子としてa, b, c, dの刻印が施されているとする。また、試料台10の試料実装場所には、図5に示すように、行の識別子として1, 2, 3, 4, 5の刻印が施されているものとする。これらの刻印は、FIB装置側ではSIM像で確認できるため、例えば試料台のb列3行の位置をFIB光軸に移動するには、まず列方向に試料ステージ110を移動して識別子「b」を探し、その状態で行方向に試料ステージ110を移動して識別子「3」を探す。この手法により、任意の試料実装場所へ移動することができる。

【0029】また、SIM像で識別子を確証しながら場所移動を行わなくとも、列と行の位置は例えば下記の表1のようにウエハホルダ20上の特定アドレスに対応付けることができるため、図8に示すFIB装置のアドレス選択画面300でアドレス(行列)を選択することにより、対応する位置にステージを移動することができる。

【0030】

【表1】

(6)

特許第3388574

行	a	b	c	d
1	(180000,20000)	(185000,20000)	(190000,20000)	(195000,20000)
2	(180000,19800)	(185000,19800)	(190000,19800)	(195000,19800)
3	(180000,19600)	(185000,19600)	(190000,19600)	(195000,19600)
4	(180000,19400)	(185000,19400)	(190000,19400)	(195000,19400)
5	(180000,19200)	(185000,19200)	(190000,19200)	(195000,19200)

(x, y) 単位: μm , 原点 (0, 0) はウエハホルダ左下。

【0081】ウエハから切り出した試料を試料台10に固定するとき、試料を固定する試料台上のアドレス（行列）はマニュアルで任意に選択することもできるし、a1, a2, ..., a5, b1, b2, ...というように、システム側で自動的に場所を指定することもできる。図8に示した例では、モード選択ラジオボタン302でマニュアル側を選択している。そして、選択すべきアドレス（行列）a1, a2, ..., d4, d5を表すアドレス選択ボタン303の「b3」のボタンを押している。選択されたアドレス「b3」は選択アドレス表示部301に表示されている。この選択によって、ウエハから抽出された分離試料はウエハホルダ20上の識別子「b」の位置に実装された試料台の識別子「3」で示される位置に固定される。試料が試料台10に固定された時点で、試料のウエハ上アドレス（試料が元々ウエハのどの位置にあったかという情報）と試料台アドレス（行列）が対応付けられ、ネットワーク5を介してコンピュータ3に送られてデータベース4に登録される。

【0032】次に、操作者は、ウエハホルダ20をFIB装置1から取り出し、試料台10をSTEM用サイドエントリ型試料ホルダ11に装着し、STEM2に導入する。観察（分析）を始める前に、試料台アドレスの指定を行い、これから観察する試料がどの試料台アドレスに対応するものかを登録する。例えば、ウエハホルダ20上の識別子「b」で示されている位置にあった試料台上的試料をSTEMで測定するときには、STEMの入力部から測定する順番にその識別子を、例えばb1, b2, b3, b4, b5のように入力する。その後、STEM2の二次電子像観察機能を用い、試料台10の刻印を目印として対応する試料を探し、順次観察する。また、STEMのサイドエントリーステージのアドレスと試料台10の行情報を予め対応付けて登録しておくことにより、前記試料台アドレス指定により、自動的にステージを対応位置に移動することも可能である。

【0033】STEMで得られた分析情報はネットワーク5を介してコンピュータ3に送られる。コンピュータ3は、FIB装置1とSTEM2から送られた情報を、試料台アドレス（行列）を媒介として関連づけ、データベース4には、試料のウエハアドレスに対応してSTEMの分析データが登録される。ここでは、試料台10上の試料固定位置（試料台アドレス）を、ウエハホルダに設けられた識別子と試料台に設けられた識別子の2種類

の識別子を組み合わせて指定する例について説明した。しかし、試料台上的試料固定位置の指定方法はこの方法だけとは限らない。例えば、試料固定場所にa1, a2, ..., a5の識別記号が刻印された試料台、b1, b2, ..., b5の識別記号が刻印された試料台、c1, c2, ..., c5の識別記号が刻印された試料台といったように、試料固定位置に刻印された識別記号（試料台アドレス）が全て異なる複数の試料台を用いることで、ウエハホルダ上の識別子を省略してもよい。

【0034】FIB装置側では、ウエハ内からサンプリングした試料と試料台上的固定位置をこの識別記号によって対応付けし、その対応関係をネットワーク5を介してコンピュータ3に送り、データベース4に登録する。一方、STEM側では試料ホルダ11に固定された試料の測定に当たって、試料の固定位置に設けられた識別記号を二次電子像観察機能を用いて読み取り、測定データと識別記号（試料台アドレス）とをペアにしてコンピュータ3に送る。コンピュータ3では、識別記号を媒介としてウエハ内の試料抽出位置と試料データとの対応をとって、データベース4に登録する。

【0035】ウエハ内にある試料抽出箇所を含むチップは機能的に破壊されていて最終的には廃棄されるため、後工程で行われるプローブテストやパッケージングは不要である。データベースには抽出が行われたチップの情報も後工程に知らせる機能があり、後工程で不要な作業が発生しないようにすることができる。また、本実施の形態では、最終的に製品にできるチップを検査チップとしているが、ウエハ上にモニタ専用の領域を設け、その部分を抽出して膜厚を調べることによりプロセスを管理することもできる。この場合、ウエハ内に専用のパターンを作り込む必要があるが、製品となるチップを破壊しないため、歩留まりは向上する。

【0036】分析情報をデータベースとして統括的に管理すると、以下のような利点がある。

(1) 単品の分析結果（例えば、膜厚の偏差）のみならず、製造ロット毎の偏差、ウエハ内の最大偏差、偏差の時間的変化率など、多面的な分析が行えるため、プロセス変動要因の解析が行いやすい。

(2) プロセス上問題がある分析結果が出た場合、過去に同様もしくは類似の分析結果があったかどうかを検索することができ、過去の分析結果を有効活用してプロセス変動要因の早期発見ができる。

(7)

特許第 3 8 8 3 5 7 4

【0037】図9は、本発明の第2の実施の形態を示すシステム構成図である。第1の実施の形態との差異は、STEMの代わりに高分解能SEM7を使用することにある。高分解能SEM7はサイドエントリ型ステージを有している。従って、STEMと同様の試料ハンドリングが可能となる。また、SEMを使用する場合、FIB装置1で仕上げる断面は片方で良い。高分解能SEMは、STEMと比較して分解能が劣るものの、手軽で使い易いという利点があり、膜厚の比較的厚い部分のプロセス管理を行うのに適している。

【0038】また、STEMやSEMの替わりに透過電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope: 以下、TEMと略す)を使用するシステムも可能である。TEMは一般的に試料の透過電子線を蛍光板に結像し、それを写真撮影(フィルムに焼き付け後現像)するが、近年の撮像技術の発達により、CRT等の画像表示装置に直接TEM像を表示できるようになってきた。従って、従来のTEMに撮像・画像表示システムを付け加えて本発明に供することも可能である。

【0039】図10は、ウェハ上の異物の位置と大きさを高速に検出する異物検査装置8を接続した実施の形態のシステム構成図である。プロセス管理では、先に述べたような膜厚が規定値に入っているか等の管理をすることが重要であるが、加えて、プロセス上で問題となる異物の解析を行うことも重要である。異物の形状や組成を詳細に調べることで、欠陥が発生した原因をつきとめることができる。レーザ光散乱方式等の異物検査装置8で検出された異物の位置や大きさの情報はネットワーク5を介してデータベース4に登録される。この情報の中から調査が必要と思われる異物を選択し、ウェハ上のアドレスをFIB装置1に転送することで、異物の断面STEM観察が可能となる。

【0040】また、前記したように、本発明のシステムでは、試料がウェハから分離しているにも関わらず、データベースとの対応関係が常にとられているため、STEMで得られた情報をデータベースに早く確実に登録できる利点がある。本実施の形態ではSTEMにX線分析装置9を装着した。これにより、欠陥の組成分析が可能となり、X線分析の生データもデータベースに登録することができた。生データの登録は、後で異なる観点からのデータ評価を行う場合に非常に有効である。また、これらの作業をクリーンルーム内で短時間に行うことができた。

【0041】異物検査装置8で検出された異物について、粒子径が約10 μ mと比較的大きなものを選択した。異物アドレスをFIB装置1に送り、ウェハ内から異物部を含む試料ブロックを摘出し、試料台に固定した。試料台をSTEMに装着し、X線分析を行ったところ、異物の組成に鉄、ニッケル、クロムが含まれており、ステンレス粒子であることが判明した。この分析結

果に基づき、前工程で使用しているステンレス可動部品を発生しないものに差し替え、異物の発生を抑えることができた。

【0042】

【発明の効果】本発明によれば、ウェハ内の微細な膜厚を高速に精度良く測定することができるため、半導体プロセスなどのプロセスの安定化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態を示すシステム構成図。

【図2】本発明によるFIB装置の一例のカラム周辺の概略構成図。

【図3】図2に示したFIB装置の制御系の構成図。

【図4】ウェハホルダの説明図。

【図5】試料台の説明図。

【図6】サイドエントリ型ホルダの説明図。

【図7】ウェハから試料を分離する手順の説明図。

【図8】アドレス選択画面の模式図。

【図9】本発明の第2の実施の形態を示すシステム構成図。

【図10】本発明の第3の実施の形態を示すシステム構成図。

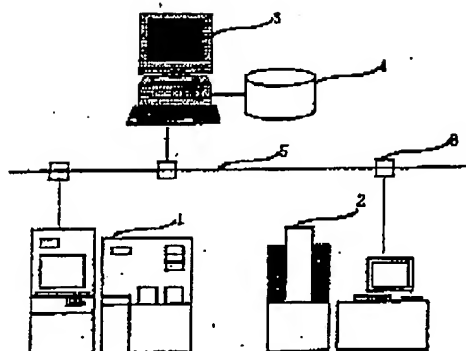
【符号の説明】

1…FIB装置、2…STEM、3…コンピュータ、4…データベース、5…イーサネット(通信ケーブル)、6…トランシーバ、7…高分解能SEM、8…異物検査装置、9…X線検出器、10…試料台、11…試料ホルダ、12…溝、13…刻印、14…試料(分離試料)、15…デポジション膜、16…薄膜(TEM観察部)、20…ウェハホルダ、21…ウェハ、22…刻印、51…気束イオンビーム、53…角穴、54…底穴、55…切り欠き溝、56…ガスノズル、57…ガス、58…堆積膜、59…分離試料、100…エミッタ、101…引出し電極、102…コンデンサレンズ、103…可変アパーチャ、104…アライナ・スティグマ、105…ブランカ、106…ブランキングアパーチャ、107…フラデーカップ、108…デフレクタ、109…対物レンズ、110…試料ステージ、112…検出器、113…ガス源、114…探針、115…マニピュレータ、200…FIBカラム、201…コンピュータ、202…制御バス、203…高圧電源、204…絞り制御電源、205…アライナ・スティグマ制御電源、206…ビーム電流計測アンプ、207…ブランキング制御電源、208…偏向アンプ、209…ブリアンプ、210…ステージ制御電源、211…スキャナ、212…画像メモリ、213…排気制御電源、214…ガス制御電源、215…マニピュレータ制御電源、300…アドレス選択画面、301…選択アドレス表示部、302…モード選択ラジオボタン、303…アドレス選択ボタン

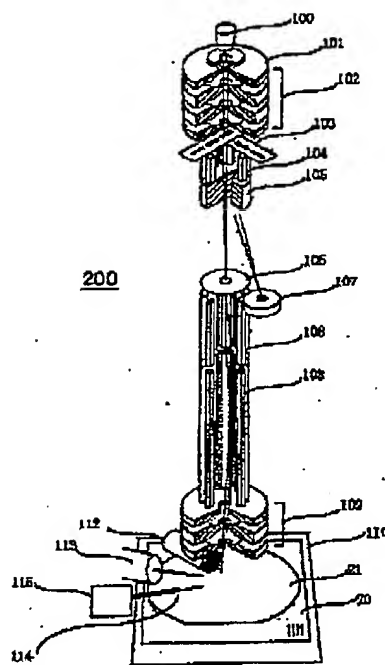
(8)

特許第 3 3 8 3 5 7 4

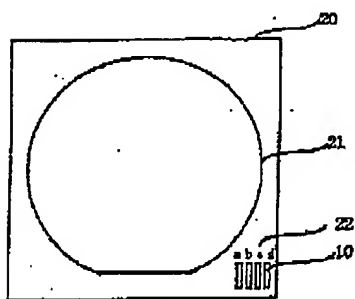
【図 1】



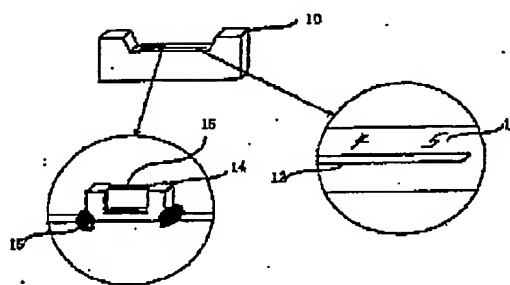
【図 2】



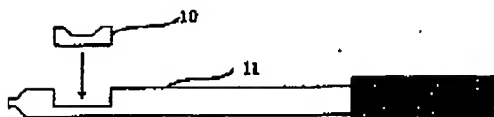
【図 4】



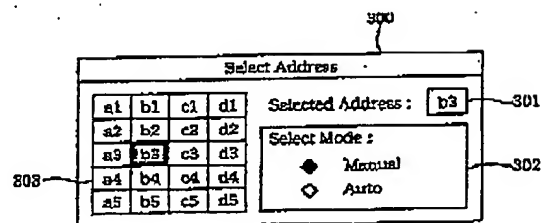
【図 5】



【図 6】



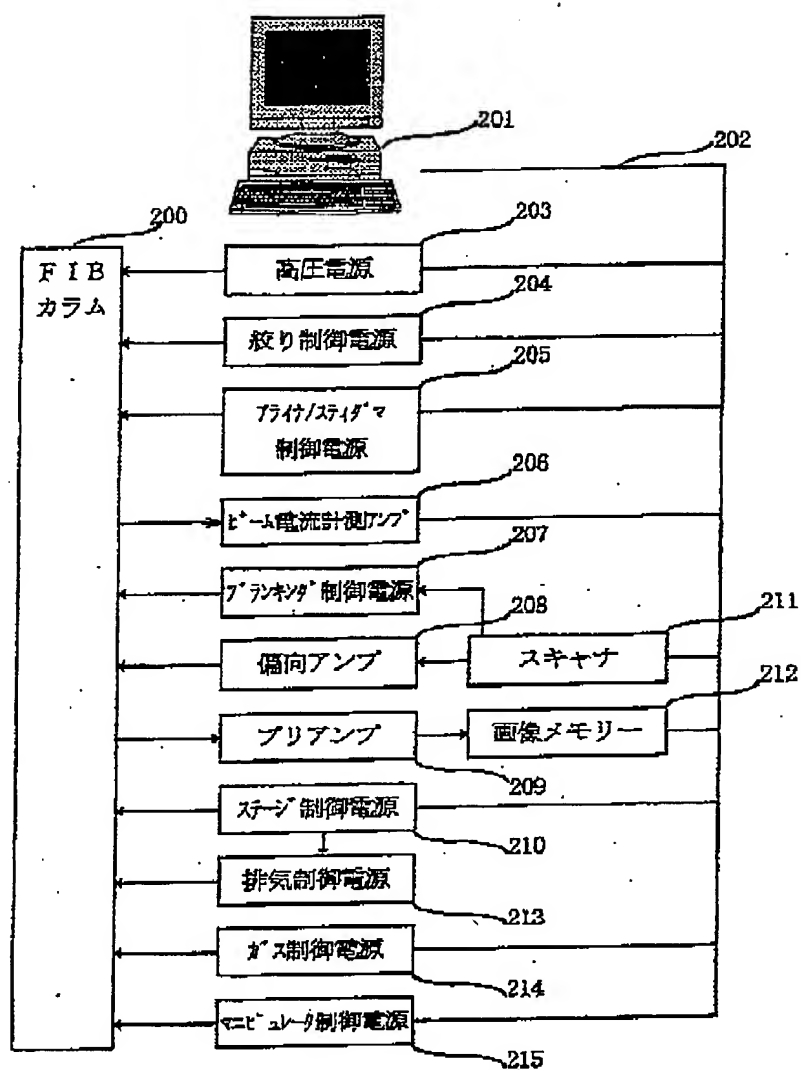
【図 8】



(9)

特許第383574

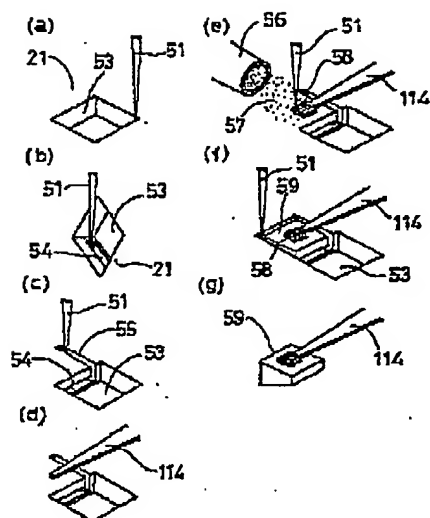
【図3】



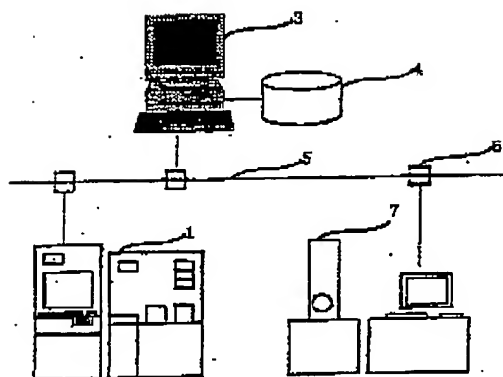
(10)

特許第3383574

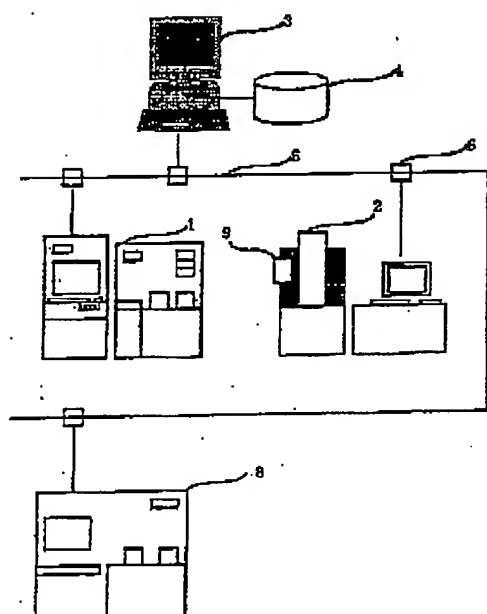
【図7】



【図9】



【図10】



(11)

特許第3383574

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int. Cl. 7, DB名)

H01J 37/306

H01J 37/28

G01B 21/30

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.